

Requested Patent: JP10340890A

Title: DRY ETCHING EQUIPMENT AND ITS METHOD ;

Abstracted Patent: JP10340890 ;

Publication Date: 1998-12-22 ;

Inventor(s): IZAWA MASARU; TAJI SHINICHI ;

Applicant(s): HITACHI LTD ;

Application Number: JP19970148940 19970606 ;

Priority Number(s): ;

IPC Classification: H01L21/3065; C23F4/00; H01L21/3213; H05H1/46 ;

Equivalents: ;

#### ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To restrain density dependency of a work shape in dry etching of a gate electrode and a metal wiring, by irradiation with infrared light or visible light or ultraviolet light for heating a side surface of a pattern. SOLUTION: When KrF laser light whose pulse width is about 1 ns and whose intensity is about 30 mJ/cm is casted at an incident angle 45 deg. on the surface of a wafer, from the respective laser sources, at intervals of 0.5 second, a rough pattern surface is heated, and the widening of a rough pattern 41 is not generated. The amount of heat applied by laser heating is small, i.e., about 1/10 (about 25 mJ/s/cm ) of light intensity, as compared with the amount of heat (about 500 mJ/s/cm ) from a plasma, so that the mean temperature on the surface of a wafer is about 80 deg.C which is not different from the usual etching. Thereby side etching due to the temperature rise is not generated on a dense pattern 42, and a shape which is similar to the shape before laser irradiation can be obtained. Hence, difference between dense and rough patterns of a shape can be reduced by heating the side surface of the rough pattern with light.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-340890

(43) 公開日 平成10年(1998)12月22日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/3065

H 0 1 L 21/302

G

C 2 3 F 4/00

C 2 3 F 4/00

A

H 0 1 L 21/3213

H 0 5 H 1/46

A

H 0 5 H 1/46

H 0 1 L 21/88

D

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平9-148940

(22) 出願日

平成9年(1997)6月6日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 伊澤 勝

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 田地 新一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

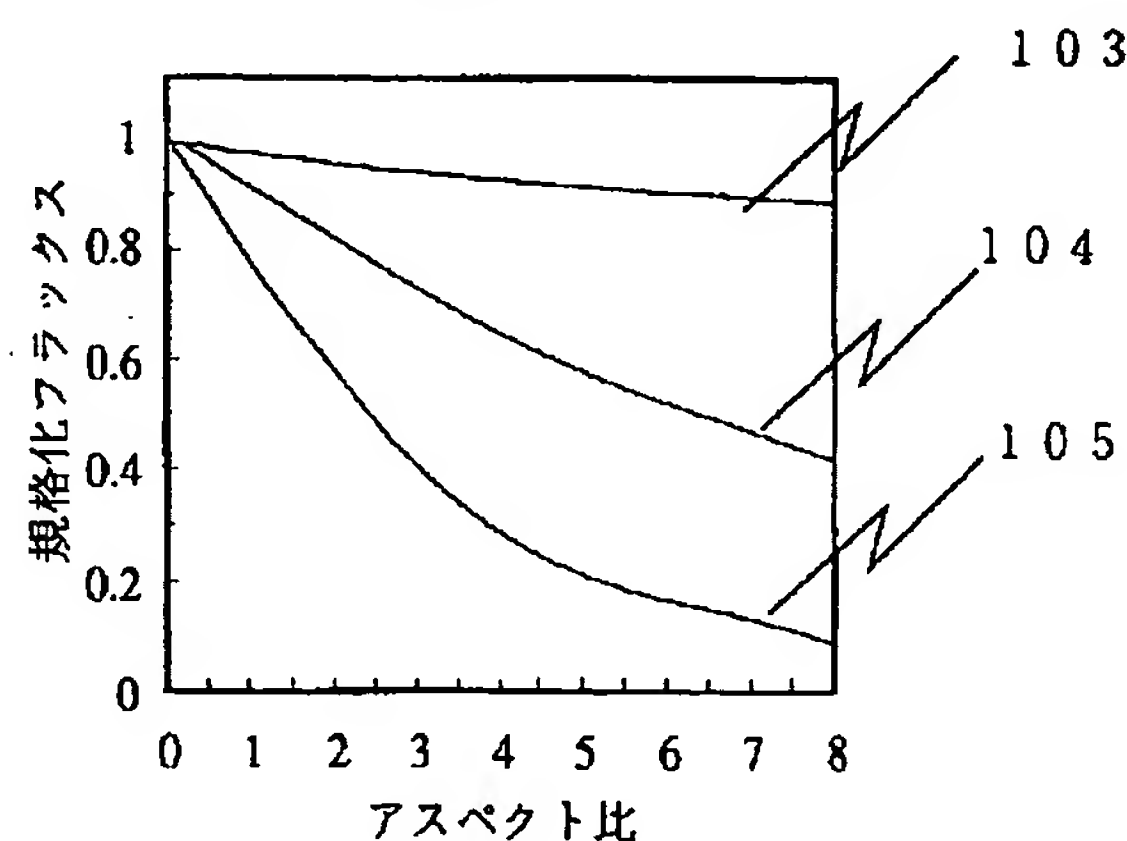
(54) 【発明の名称】 ドライエッチング装置およびその方法

(57) 【要約】

【課題】 パターンの疎密による半導体デバイスのゲート長のばらつき、密配線パターンの腐食等による配線の高抵抗化を防ぎ、かつエッチングの加工精度を上げ、半導体デバイスの高集積化をはかる。

【解決手段】 ウエハ温度を上昇させない程度の光を疎パターン側面へ選択的に照射することにより、疎パターンの温度を上げ、疎パターン側面における堆積膜形成を阻害し、疎パターンにおけるパターンの太りを抑える。

図2



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】真空処理室内に少なくとも1種の処理ガスを導入する手段を有し、前記処理ガスを真空室外に排気する排気装置を有し、前記真空処理室内に高周波を印加できる電極を有し、前記電極上に被処理物を搬送し、前記被処理物表面に形成された少なくとも1層以上の薄膜をエッチングするドライエッチング装置において、赤外光、可視光もしくは紫外光を前記被処理物に照射する機構を有することを特徴とするドライエッチング装置。

【請求項2】請求項1のドライエッチング装置において、被処理物面の鉛直方向に対し角度30度以上90度以下で光を照射する機構を有することを特徴とするドライエッチング装置。

【請求項3】請求項1または2の装置において、パルス変調された光を被エッチング処理物に照射することを特徴とするドライエッチング装置。

【請求項4】請求項1または2の装置において、1ps～20nsのパルス幅で、10～100mJ/cm<sup>2</sup>/sの強度の光を被エッチング処理物に照射することを特徴とするドライエッチング装置。

【請求項5】排気ポンプにより真空状態に保持される処理室において、前記処理室に設けられたガス導入口より処理ガスを導入し、前記処理室にマイクロ波もしくは高周波を導入し前記処理ガスをプラズマ化し、前記処理室内に設置された被処理物上の多層膜をエッチングするドライエッチング方法において、被エッチング処理物に対し30度以上90度以下の入射角度で赤外光、可視光もしくは紫外光を照射することを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項6】請求項5の方法において、光がパルス変調され、パルス幅が1ps～20nsの範囲で、単位時間の照射強度が10～100mJ/cm<sup>2</sup>/sの範囲であることを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項7】請求項6の方法において、金属薄膜を加工することを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項8】排気ポンプにより真空状態に保持される処理室において、前記処理室に設けられたガス導入口より処理ガスを導入し、前記処理室にマイクロ波もしくは高周波を導入し前記処理ガスをプラズマ化し、前記処理室内に設置された被処理物上のAlが主成分である薄膜をエッチングするドライエッチング方法において、前記処理ガスが塩素、三塩化ホウ素および酸素を含み、前記酸素の導入量が前記塩素および前記三塩化ホウ素およびHBrガスを合わせた導入量の4%以上30%以下であることを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項9】請求項8の方法において、Alが主成分である薄膜を加工するために前記薄膜上に設けられたマスク材の主成分が酸化ケイ素もしくは窒化ケイ素であることを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項10】請求項8または請求項9の方法におい

て、被処理物の温度を60℃以上に設定することを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項11】請求項10の方法において、被処理物の温度を80℃以上に設定することを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項12】請求項11の方法において、被処理物の温度を100℃以上に設定することを特徴とするドライエッチング方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の微細加工および配線加工方法に関し、高精度加工を実現する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体装置の微細加工を行う技術の1つにドライエッチング技術がある。ドライエッチングでは、エッチングガスを真空容器に導入し、このガスに高周波バイアスもしくはマイクロ波を印加してプラズマを発生させ、エッチングガス、プラズマ中で生成した活性種およびイオンによって、ウエハ上に形成された多結晶Si膜およびAl-Cu-Si膜等の薄膜を加工する。薄膜上にはマスクパターンを転写したレジスト膜が形成され、レジスト膜で覆われていない部分のみをドライエッチング方法で除去することにより、ウエハ上に配線や電極等の集積化された半導体デバイス構造を形成する。

【0003】ドライエッチングで、忠実にマスクパターンを薄膜に転写するためには、活性種による薄膜側面のエッチング（サイドエッチング）や、反応生成物等の堆積物による薄膜側面の太りを抑制する必要がある。サイドエッチングは、堆積性ガスの添加もしくはレジスト生成物等がパターン側面に付着堆積、もしくは酸素の添加によってパターン側面に形成される酸化等によってエッチング耐性の強い保護膜を形成し、抑制されてきた。しかしながら、ウエハ上の薄膜に異なるサイズのパターンを形成する場合、堆積物の入射量が異なるため側面の堆積膜形成にパターンサイズ（幅）依存性が生じる。

【0004】例えば、ウエハ上のレジストパターンが繰り返し現れる密な部分では、レジストとレジストの間を堆積性の分子が拡散して、薄膜側面に到達するのに対し、孤立しているパターンでは、プラズマから直接堆積性分子が入射する。特に、プラズマから入射する堆積性分子の付着係数は0.05から0.5程度と大きい為、密な部分では、パターンの上部に堆積性分子が入射付着し底面近くへの到達量は非常に少ない。このため、パターンが密な部分は、疎なパターンに比べ堆積性分子の入射量が少なくなる。この結果、密なパターンは堆積膜が形成されにくく、サイドエッチングされやすくなる。

【0005】一方、疎なパターンでは、堆積性分子の入射量が多いため堆積膜が厚く形成され、形状は太ってしまうのである。密パターンの外側に位置するパターンで

も、直接プラズマから堆積性分子が側面に入射するため、疎なパターンと同様な現象が生じる。以後、密なパターンの外側に位置するパターン側面については、疎なパターンの側面であるとして扱う。

【0006】以上のように、パターンの疎密によって加工形状に差があると、ゲート電極加工の場合、疎パターンのウエハ上の電界効果トランジスタのゲート長が密パターンに比べて長くなるため、デバイス特性にばらつきを生じ、十分なデバイス性能が得られなくなる。また、配線加工では、疎なパターン側面の堆積膜の除去処理を行うと、密なパターンの側面が処理剤によって腐食してしまい、密部の配線抵抗が大きくなる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ドライエッチングで、微細パターンをウエハ上の薄膜に加工する場合、密なパターンを高精度で加工すると、密なパターンの端の側面や疎パターン側面では、パターンが太り、十分な加工形状が得られない。逆に、疎パターンの加工精度を上げると、密パターンではサイドエッチングが生じてしまう。

【0008】本発明の課題は、ゲート電極およびメタル配線のドライエッチングにおける加工形状の疎密依存性を抑制することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】ドライエッチングにおける加工形状は、ウエハ温度に依存し、ウエハ温度を低温にすると、プラズマ中の活性種（塩素、塩素ラジカル等）による堆積膜の脱離反応の抑制と堆積ガスの付着係数の増加により加工形状は太り、高温にすると付着係数の減少によりサイドエッチングが生じ形状は細くなる。加工形状のパターン疎密差は、疎なパターンに比べ、密なパターンでの堆積性分子の入射量が少ないために生じている。

【0010】図1に、Alエッチングにおける堆積分子の付着係数101の温度依存性の概念図を示す。低温では、付着係数が大きく、形状は太りやすく、高温では、逆に付着係数が小さく、サイドエッチングが生じやすくなる。堆積膜の成長速度は、堆積性分子の入射量Fと付着係数Sの積から活性種の入射量Gと堆積膜の脱離反応確率Kの積を引いた値で、近似的に $SF - KG$ で表される。疎パターンでの太りは、 $SF \gg KG$ 、すなわち堆積膜の成長速度がその脱離速度より極端に速いことに起因している。密パターンでは、パターン内輸送により、入射量FおよびGは疎パターンに比べ小さくなる。

【0011】図2に、パターン内を輸送し、パターン底面におけるガスの入射フラックスの側面反応確率依存性を示す。横軸のアスペクト比とは、パターンの幅に対する深さの比で、200nm幅の半導体加工プロセスでは、密パターンのアスペクト比は4から6程度である。疎パターンは隣接するパターンが離れているため、アスペクト比は0から0.1程度である。S>Kの場合に

は、堆積性分子のパターン底面付近の側面への入射量Fは、側面での反応により急激に減少する。ウエハ表面温度80℃程度では、Kが0.01以下であるのに対し、Sは0.2程度である。このため、Fは平面部（アスペクト比0）疎パターンで $SF \gg KG$ であっても、アスペクト比5の密パターンでは、図2の反応確率0.01の曲線103に示すようにGが殆ど変わらないのに対し、図2のS=0.2の曲線105に示すようにFが1/4になるため、SFとKGがバランスし、加工形状が保たれる。S=0.1であれば、図2の反応確率0.1の曲線105が示すように、Fの疎密差は1/2程度と改善される。

【0012】Al-Cu-Si膜のエッチングでは、圧力2Pa、塩素80%の三塩化ホウ素混合ガス100sccmのエッチング条件で、レジストからのエッチング生成物の入射量は平面部で全入射フラックス量の約12%、塩素の入射量は40%程度である。ウエハ表面温度が80℃の場合、S=0.2、K=0.01以下で、この条件では疎パターンは、堆積性が強く太ってしまう。ウエハ表面温度を上げるとSは減少し、Kは増加するため、疎パターンの太りは小さくなる。120℃では、Sは0.1程度となり、疎パターンの太りは抑制されるが、この条件では、堆積膜の脱離反応が促進されるため、密パターンにサイドエッチングが生じてしまう。孤立パターンの太りは120℃以上ではほぼ無くなるが、密パターンの加工形状が保てない。

【0013】この問題を解決するためには、ウエハ温度が疎なパターン側面の温度を密なパターンの温度に比べ高くすることが上げられる。しかしながら、ウエハ上のパターンの疎部と密部を温度制御を、通常のウエハ温度の制御により行うことは、熱伝導が拡散的であるため困難である。そこで、ランプおよびレーザーによる疎パターンのみを光で加熱する方法およびその装置を発明した。

【0014】近年、パターンの微細化が進み、パターン幅は0.1~0.3μmに達し、可視光の波長よりも短くなってきた。密パターンにおけるパターン幅が導入光の波長にくらべ小さい場合、密パターンの底面まで光が届かず、疎パターンのみが選択的に加熱される。光をウエハに対し斜めに入射させると、密なパターンの光に対する開口幅が小さくなり、密パターン側面に光は入射せず、疎パターン側面が光の入射方向に面するため、疎パターン側面に効率的に光が入射する。入射光の波長が短い場合でも、パターン幅200nmでは、レジスト膜厚が500nm以上あるため、光の入射角をウエハ鉛直方向に対し30度以上傾けると密パターン内の被エッチング薄膜に光は直接入射しない。このように、ウエハに対し、光を斜めに入射させ、疎パターンにのみ光を照射することが可能となる。

【0015】入射した光が、パターン側面に入射して



も、側面がAl等の金属面の場合、光の反射により側面の加熱効率が小さくなる。しかしながら、Al配線であっても、疎パターン側面には、エッチング生成物やレジスト生成物が堆積しており、反射は起こらず、側面の堆積膜に光は吸収され側面は加熱される。光加熱によりパターン側面の堆積物の脱離反応は急激に進むため、疎パターンでの堆積膜形成が阻害され太りが抑制される。

【0016】光照射による印加熱量が大きすぎると、熱伝導によりウエハ全体が加熱されるため密パターンの温度も上昇し、密パターンでサイドエッチングが生じてしまう。一方、印加熱量が小さいと、熱拡散により疎パターンの温度が十分上がらない。疎パターンと密パターンが最も隣接するウエハ上の位置は、密パターンの周辺のパターンで、その内側は密パターン、外側側面は疎パターンの側面と見なせる。パターン幅200nmのAl配線の場合、疎密パターンの間に20℃の温度差をつけるためには、その熱伝導度から、1nsの間に、1mJ/cm<sup>2</sup>程度の熱量を印加すればよい。温度差は、熱印加時間に逆比例するので、印加時間を短くすることが望ましい。ウエハ表面の温度は、プラズマからの照射熱量(約500mJ/s/cm<sup>2</sup>)によって、10秒間でウエハ裏面に比べ30℃程度高くなる。従って、印加熱量が、500mJ/s/cm<sup>2</sup>に比べ、十分小さければ、ウエハ表面全体を温度上昇させることはない。約50mJ/s/cm<sup>2</sup>までは、ウエハ温度上昇は確認されない。

【0017】このように、光による熱印加は、1ns程度のパルス光を用いた場合、1~10mJ/cm<sup>2</sup>の熱量を1秒間に1~5回照射することで形状のパターン疎密依存性が改善できる。1~10mJ/cm<sup>2</sup>の熱量を得るためには、パターン側面の光の吸収効率から10~100mJ/cm<sup>2</sup>の強度の光を導入する必要がある。この他、パターン側面を加熱するためには、光源として赤外光、可視光もしくは紫外光が望ましい。赤外光よりも波長が長い場合、十分な光強度を得ることが難しく、100nm以下の波長では、透過性が大きくなり、表面のみの加熱が難しい。光を導入する手段として、水銀アークランプにシャッターを付け、ウエハ表面に光を導入する方法、エキシマレーザーによる光の導入が上げられる。

【0018】上記手段の他、ウエハ温度全体を上げ、堆積膜を形成するガスを添加することにより課題を解決する手段がある。Al配線加工において、ウエハ温度を上げると、パターン側面でのレジスト生成物の脱離が促進され、付着係数が小さくなるため、加工形状の疎パターンの太りは抑制される。例えば、ウエハ裏面の温度を80℃程度に設定すると、エッチング中にウエハ表面の平均温度は120℃程度まで上がり、疎パターンの太りは解消する。

【0019】しかしながら、密パターンでは、レジスト生成物の付着量が少ないためサイドエッチングが生じ、温度上昇により有機レジストマスクの変質するため、十

分な加工精度が得られない。有機レジストの変質は、ウエハ裏面の温度を60℃以上になると現れ始める。有機レジストマスクの代わりに、SiO<sub>2</sub>や多結晶Siなどのハードマスクを用いることにより、ウエハ温度を上げてもマスクの変質は生じない。しかしながら、Alエッチングでは、レジスト生成物がパターン側面で堆積膜を形成することによって加工精度が保たれているため、ハードマスクを用いると、疎および密パターン共にサイドエッチングが生じる。

【0020】このサイドエッチングを防止するため、ハードマスクを用いた場合、堆積膜形成が可能なガスの添加によってサイドエッチングは抑制できる。ウエハ温度を上げると、パターン側面の堆積膜の脱離が促進されるため、見かけ上、エッチング生成物やレジスト生成物および堆積性ガスの側面での付着係数が小さくなる。このため、密パターンにおける堆積膜を形成する分子の入射量と、疎パターンとの差は小さくなる。付着係数が0.01以下では、アスペクト比5の密パターンと疎パターンでの上記分子の入射量の差は1割以下になる。従って、ウエハ温度を上げ、堆積膜を形成するガスを添加することによって、加工形状の疎密差を低減することが可能である。

【0021】

【発明の実施の形態】

(実施例1) 本発明によるドライエッチング装置の実施例を図3に示す。この装置ではエッチング処理室1にエッチングガスを導入し、マイクロ波発生器2において800MHzから2.45GHzの間の高周波を発生させ、この高周波を導波管3を通しエッチング処理室1に輸送してガスプラズマを発生させる。高効率放電のために磁場発生用のソレノイドコイル4をエッチング処理室周辺に2つ配置し、875ガウスの磁場が処理台のほぼ真上にくるように2つのコイル電流を制御し、電子サイクロトロン共鳴を用いて高密度プラズマを発生させる。エッチング処理室1には処理台5があり、この上に被処理物6を設置して、ガスプラズマによりエッチング処理する。

【0022】エッチングガスは、ガス流量制御装置を通してエッチング処理室1に導入され、排気ポンプ7によりエッチング処理室1の外に排気される。被処理物を設置する処理台5には高周波電源12を備え、400Hzから2.45GHzまでの高周波バイアスを印加できる。真空処理室には、光導入窓16が処理室上部の前後左右に4カ所に設置され、導入窓には、パルスの幅を0.2~50ns、間隔1ms以上で制御できるKrFエキシマレーザー源14がそれぞれ1台ずつ設置されている。光源から出た光は、処理台6の中心の鉛直方向に対し20度から50度の角度で、一回のパルスで処理台の1/10に入射させることができる。ウエハ全面へのレーザー照射は、光の方向を変えながら光パルスを入射さ

せることにより行う。全面への照射は、10ms程度で行う。

【0023】この装置に、被処理物として8インチシリコン基板を搬送する。このシリコン基板は、図4に示すように基板上に酸化ケイ素膜27、下部TiN膜26、Al-Cu-Si合金膜25、上部TiN膜24およびマスクパターンを転写したレジストマスク23が形成されたものである。シリコン基板上には、密パターン21と疎パターン22がある。レジストマスクのパターン幅は、200nmである。この基板をエッチング装置に搬送し、エッチングガスとして、塩素ガス70sccm、三塩化ホウ素ガス30sccmをエッチング装置に導入し、全圧が2Paになるようにして一括エッチングを行う。エッチング時の処理台の温度を50℃とし、マイクロ波パワーは2.45GHzで1000W、基板に印加する高周波バイアスは、800kHzで100W印加する。エッチングは上部TiN、Al-Cu-Si合金、下部TiNの順番でエッチングされ、TiNのエッチング速度は約400nm/min、Al-Cu-Si合金は約800nm/minである。エッチング中は、プラズマによってウエハ表面は加熱され、80℃程度まで表面温度は上昇する。

【0024】初めに、エッチング処理室1内にレーザー加熱がない場合について説明する。図5にエッチング後の形状の模式図を示す。密パターン30では、被エッチング膜(TiN/Al-Cu-Si/TiN)がほぼ垂直にエッチングされるが、疎パターン31では、レジスト生成物等の堆積により約120nmの太りが生じる。

【0025】図6にKrFレーザーを照射しエッチングする場合のエッチング形状を示す。パルス幅約1nsの強度約30mJ/cm<sup>2</sup>のKrFレーザー光を0.5秒間隔で各レーザー源からウエハ表面に入射角45度で照射すると、疎パターン側面が加熱され、疎パターン41の太りは生じない。この時、各レーザー源は同期させない。プラズマからの熱量(約500mJ/s/cm<sup>2</sup>)に比べ、レーザー加熱による印加熱量は、光強度の1/10程度(約25mJ/s/cm<sup>2</sup>)と小さいため、ウエハ表面の平均温度は、約80℃と通常のエッチングと変わらない。このため、密なパターン42では、温度上昇によるサイドエッチングは発生せず、レーザー照射前と同様な形状が得られる。このように、疎パターン側面を光加熱することにより、形状の疎密パターン差を低減することが可能となる。

【0026】レーザーのパルス幅を、1psから2nsの間で時間当たりの入射強度を80mJ/s/cm<sup>2</sup>に変化させても同様な効果が得られる。パルス幅を2nsから20nsの間では、125mJ/cm<sup>2</sup>の光を毎秒照射することにより、疎パターンの太りが抑制される。1秒あたりの光の強度を125mJ/s/cm<sup>2</sup>以上にと、ウエハ表面全体の温度が上昇し、密パターンにサイ

ドエッチングが生じる。一方、パルス幅を10ns以上にすると、疎パターンでの太りは解消されない。

【0027】使用するエッチング装置は、誘導結合型、平行平板型RIEやマグネトロン型RIE、ヘリコン共振型RIE型装置でも、同様の効果がある。

【0028】(実施例2)本発明によるドライエッチング装置の別の実施例を図7に示す。この装置ではエッチング処理室1にエッチングガスを導入し、第2の高周波電源31において1MHzから2.45GHzの間で高周波を発生させ、この高周波をアンテナ32を通しエッチング処理室1に伝搬してガスプラズマを発生させる。エッチング処理室1には処理台5があり、この上に被処理物6を設置して、ガスプラズマによりエッチング処理する。エッチングガスは、ガス流量制御装置を通してエッチング処理室1に導入され、排気ポンプ7によりエッチング処理室1の外に排気される。被処理物を設置する処理台5には高周波電源12を備え、400Hzから1GHzまでの高周波バイアスを印加できる。真空処理室には、光導入窓16が処理室上部の前後左右に4カ所に設置され、導入窓には、パルスの幅を0.2ns~2ms、間隔1ms以上で制御できるシャッターのついた水銀アーク光源64が設置されている。光源から出た光は、処理台6の中心の鉛直方向に対し20度から80度の方向で、処理台全面に入射させることができる。

【0029】この装置に、被処理物として8インチシリコン基板を搬送する。このシリコン基板は、図8に示すように基板85上に酸化ケイ素膜84、厚さ300nmの多結晶Si膜83、厚さ50nmのW-Si合金膜82およびマスクパターンを転写したレジストマスク81が形成されたものである。W-Si合金膜中のSiは約5%である。レジストマスクのパターン幅は、150nmである。この基板をエッチング装置に搬送し、エッチングガスとして、塩素ガス100sccmと酸素ガス3sccmをエッチング装置に導入し、全圧が約0.5Paになるようにして一括エッチングを行う。エッチング時の処理台の温度は約0℃で、第2の高周波電源の周波数を5MHz、出力を400Wとし、基板に印加する高周波バイアスは、13.56MHzで20W印加する。エッチングはW-Si合金膜、多結晶Si膜の順番でエッチングされ、W-Si膜のエッチング速度は約200nm/min、多結晶Si膜は約400nm/minである。エッチング中は、プラズマによってウエハ表面は加熱され、30℃程度まで表面温度は上昇する。

【0030】初めに、エッチング中に光加熱がない場合について説明する。密なパターンでは、被エッチング膜(W-Si/Si膜)がほぼ垂直にエッチングされるが、疎パターン側面では、酸化膜の形成により約20nmの太りが生じる。これに対し、幅約2nsの強度約20mJ/cm<sup>2</sup>の光を0.2秒間隔でウエハ表面に照射すると、疎パターン側面が加熱され、疎パターンの太りは生



しない。レーザー加熱による印加熱量が小さいため、ウエハ表面の平均温度は、約30℃と通常のエッチングと変わらない。このため、密なパターンでは、温度上昇によるサイドエッチングは発生せず、レーザー照射前と同様な形状が得られる。このように、疎パターン側面を光加熱することにより、形状の疎密パターン差をなくすることが可能となる。

【0031】使用するエッチング装置は、マイクロ波型、平行平板型RIEやマグネトロン型RIE、ヘリコン共振型RIE型装置でも、同様の効果がある。

【0032】(実施例3)本発明によるドライエッチング装置の別の実施例を説明する。被処理物が設置されている処理台の温度調節が可能なマイクロ波ドライエッチング装置を用い、8インチシリコン上に形成された薄膜のエッチングを行う。シリコン基板は、図9に示すように基板上に酸化ケイ素膜27、下部TiN膜26、Al-Cu-Si合金膜25、上部TiN膜24およびマスクパターンを転写したSiO<sub>2</sub>マスク90が形成されたものである。

【0033】Al-Cu-Si膜の主成分はAlである。シリコン基板上には、密パターン21と疎パターン22がある。マスクのパターン幅は、200nmである。この基板をエッチング装置に搬送し、マイクロ波パワーは2.45GHzで1000W、エッチング時の基板裏面すなわち処理台の温度を80℃としてエッチングを行う。エッチング装置に、塩素ガス70sccm、三塩化ホウ素ガス30sccmを導入し、全圧が2Paになるようにして一括エッチングを行う。基板に800kHzで100Wの高周波バイアスを印加してエッチングした場合、エッチングは上部TiN、Al-Cu-Si合金、下部TiNの順番でエッチングされ、TiNのエッチング速度は約400nm/min、Al-Cu-Si合金は約800nm/minである。エッチング中は、プラズマによってウエハ表面は加熱され、120℃程度まで表面温度は上昇する。加工形状は疎パターン、密パターン共に、Al-Cu-Si合金膜がサイドエッチングされたため、下地のTiN膜のみが残る形状になる。

【0034】導入ガスに約10sccmの酸素を添加すると、疎パターン、密パターン共に酸化Al膜が側面に形成されサイドエッチングは生じない。さらに、ウエハ温度が十分に高いため、疎パターンの太りも生じない。この時の、Al-Cu-Si膜のエッチング速度は、Al-Cu-Si膜表面に酸化膜が形成されるため、約500nm/minに低下する。しかしながら、RFパワーを100Wから150Wに上げると、加工精度を維持したまま、Al-Cu-Si膜のエッチング速度は約800nm/minになる。

【0035】酸素の導入量を増やし、30sccmを超えた酸素を添加すると、底面に酸化Alが形成され、RFパワーを上げて、マスクのSiO<sub>2</sub>が先にエッチングさ

れてしまい加工精度が得られない。また、下地のSiO<sub>2</sub>膜との選択比も6から2に大幅に低下する。三塩化ホウ素を増やせば、酸化Alはエッチングされるが、この場合、塩素濃度が低下するため、TiN膜およびAl-Cu-Si膜のエッチング速度が低下してしまう。一方、酸素の添加量4sccm未満では、堆積膜が十分に形成されずサイドエッチングが生じてしまう。酸素の導入量を塩素と三塩化ホウ素の流量の4%から30%にすることにより、エッチング速度を低下させることなく、形状の疎密差は低減する。

【0036】マスク材として、窒化ケイ素膜を用いても同様な結果が得られる。

【0037】処理台の温度を60℃とした場合、密パターンの加工精度が得られるように、約8sccm酸素添加すると、疎パターンでは15nm程度の太りが生じるが、200nmの加工に対し、十分な加工精度が得られる。処理台温度60℃未満では、疎パターンの太りにより、十分な加工精度は得られない。

【0038】酸素添加し、RFパワーを100Wから150Wに上げると下地のSiO<sub>2</sub>膜との選択比が3割程度低下し、4程度になる。対SiO<sub>2</sub>選択性を上げるため、塩素よりもSiO<sub>2</sub>との反応性が小さいHBrガスを添加する。塩素ガスを50sccm、三塩化ホウ素ガスを30sccm、HBrガスを20sccm、酸素ガスを10sccmエッチング装置に導入し、RFパワー150Wでエッチングを行う。処理台温度80℃では、対SiO<sub>2</sub>選択比は6程度になるが、反応生成物AlBr<sub>3</sub>の蒸気圧が小さいため、パターン側面に付着し、疎パターンで約20nmの太りが生じる。処理温度を約100℃まで上げると、疎パターンの太りは十分に抑制される。

【0039】使用するエッチング装置は、誘導結合型、平行平板型RIEやマグネトロン型RIE、ヘリコン共振型RIE型装置でも、同様の効果がある。

【0040】

【発明の効果】本発明によれば、半導体デバイス製造プロセスにおいて、ドライエッチング時に発生する、密パターンと疎パターンの形状差、すなわち、疎パターンでの太りを、疎パターンのみを光加熱することにより抑制することができる。

【0041】本発明によれば、基板温度60℃以上におけるAl配線加工において、SiO<sub>2</sub>もしくは窒化ケイ素膜をマスク材として用い、酸素を添加することにより加工形状の疎密差を低減することができる。

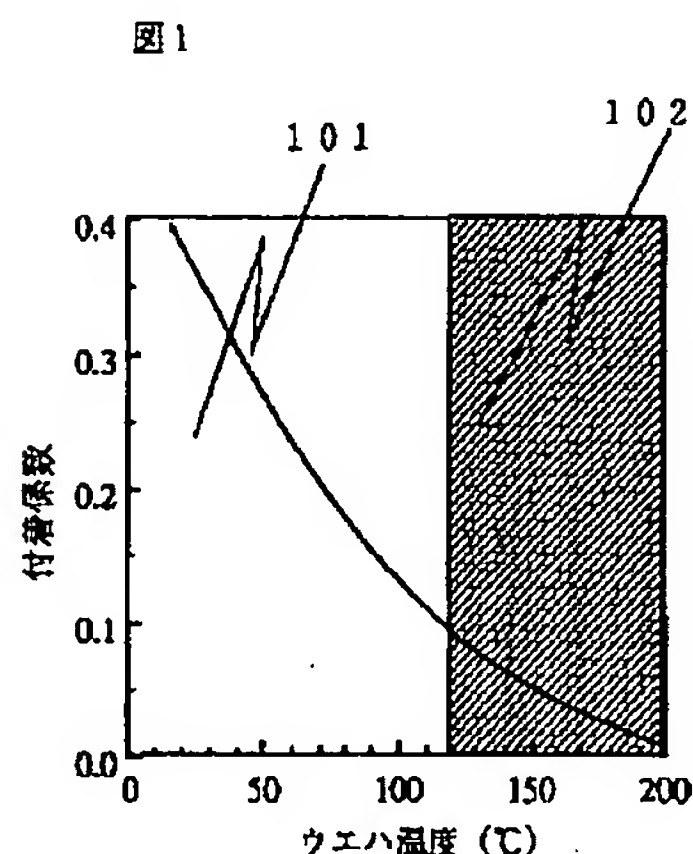
【0042】本発明により、疎パターンでの加工精度が飛躍的に向上するため、パターンの疎密による半導体デバイスのゲート長のばらつき、密配線パターンの腐食等による配線の高抵抗化を防ぐことが可能となる。エッチングの加工精度を上げるため、半導体デバイスの高集積化が容易になる。

【図面の簡単な説明】

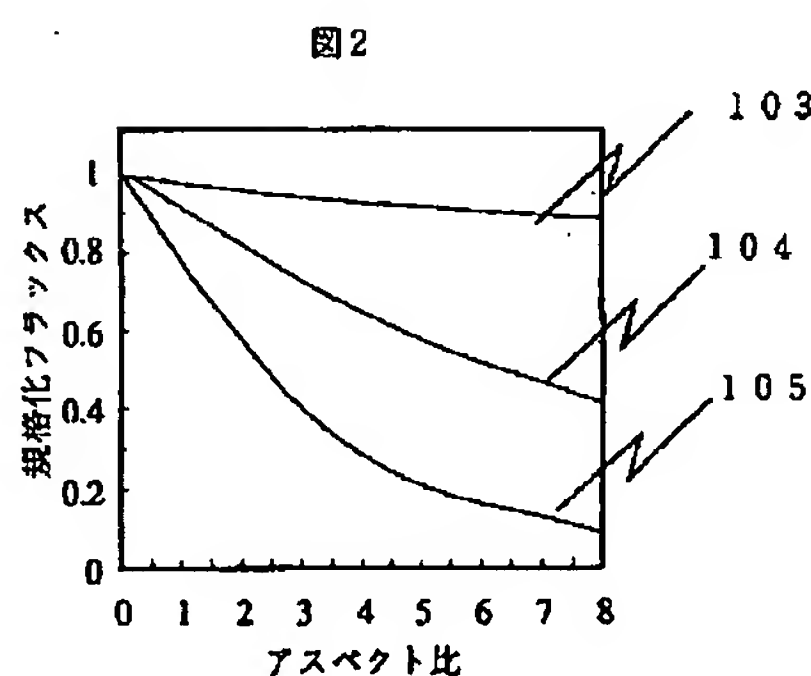
- 【図1】付着係数の温度依存性を示す概念図。  
 【図2】入射フラックスの側面反応確率を示す概念図。  
 【図3】本発明の実施例で用いるドライエッチング装置の断面図。  
 【図4】実施例で用いるエッチング前の密パターン配置部と疎パターン配置部の基板の断面図。  
 【図5】従来の条件によるエッチング後の密パターン配置部と疎パターン配置部の基板の断面図。  
 【図6】本発明によるエッチング後の密パターン配置部と疎パターン配置部の基板の断面図。  
 【図7】本発明で用いる別のドライエッチング装置の断面図。  
 【図8】実施例で用いるエッチング前の密パターン配置部と疎パターン配置部の基板の断面図。  
 【図9】実施例で用いるエッチング前の密パターン配置部と疎パターン配置部の基板の断面図。  
 【符号の説明】  
 101…堆積性分子の付着係数、102…疎パターンで太りが抑制できる温度領域、103…反応確率0.01のパターン底面入射フラックスを示す曲線、104…反応確率0.1のパターン底面入射フラックスを示す曲線、105…反応確率0.2のパターン底面入射フラッ

クスを示す曲線、1…エッチング処理室、2…マイクロ波発生器、3…導波管、4…ソレノイドコイル、5…処理台、6…被処理物、7…排気ポンプ、8…排気バルブ、9…コンダクタンスバルブ、10…ガス流量コントローラ、11…ガス導入口、12…高周波電源、13…石英チャンバー、14…レーザー光源、15…光導波路、16…光導入窓、21…エッチング前の密パターン、22…エッチング前の疎パターン、23…レジストマスク、24…上部TiN膜、25…Al-Cu-Si合金膜、26…下部TiN膜、27…二酸化ケイ素膜、28…シリコン基板、31…従来法によるエッチング後の密パターンの加工形状、32…従来法によるエッチング後の疎パターンの加工形状、41…本発明によるエッチング後の密パターンの加工形状、42…本発明によるエッチング後の疎パターンの加工形状、61…第2の高周波電源、62…アンテナ、63…誘電板、64…シャッター付き水銀ランプ、81…レジストマスク、82…W-Si合金膜、83…多結晶Si膜、84…酸化ケイ素膜、85…シリコン基板、86…エッチング前の密パターン、87…エッチング前の疎パターン、90…SiO<sub>2</sub>マスク。

【図1】

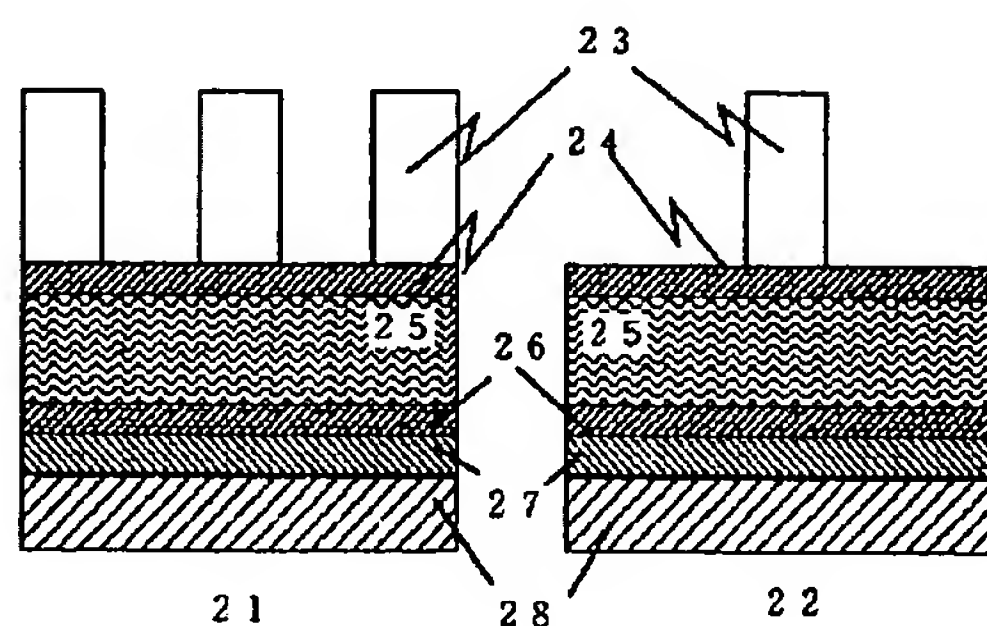


【図2】



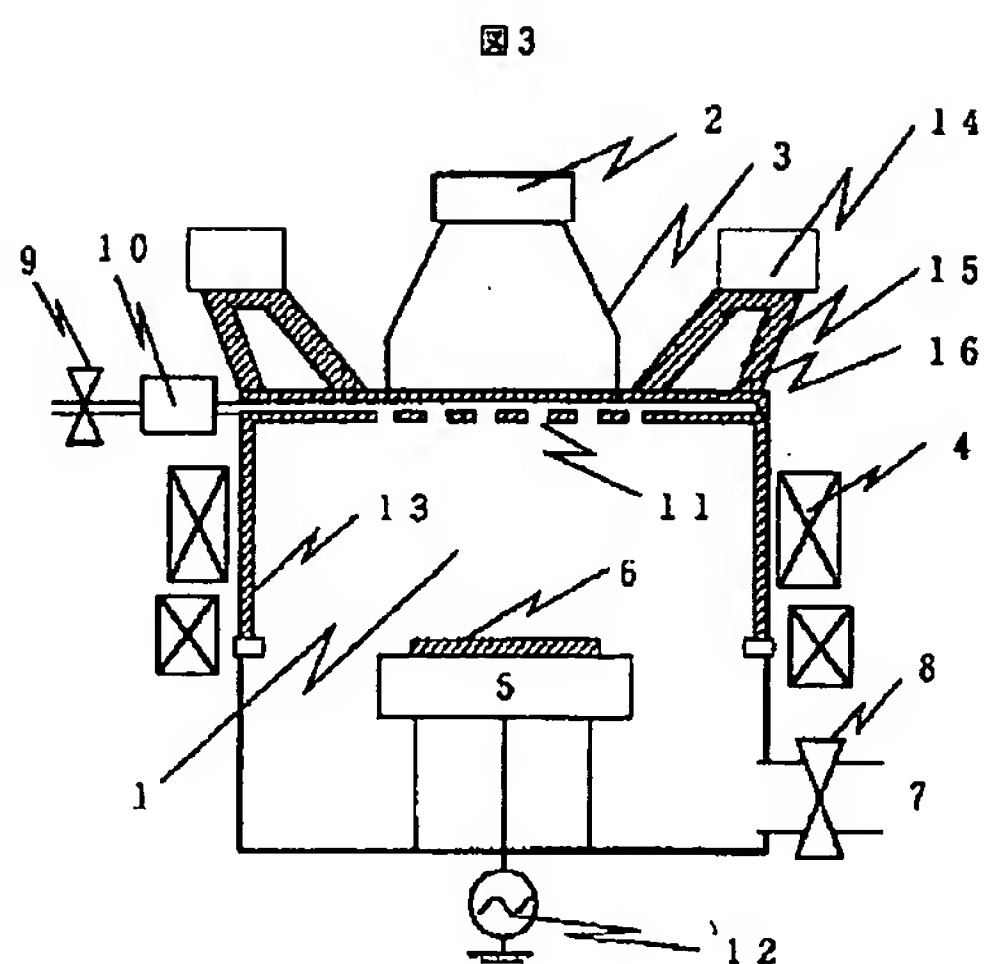
【図4】

図4

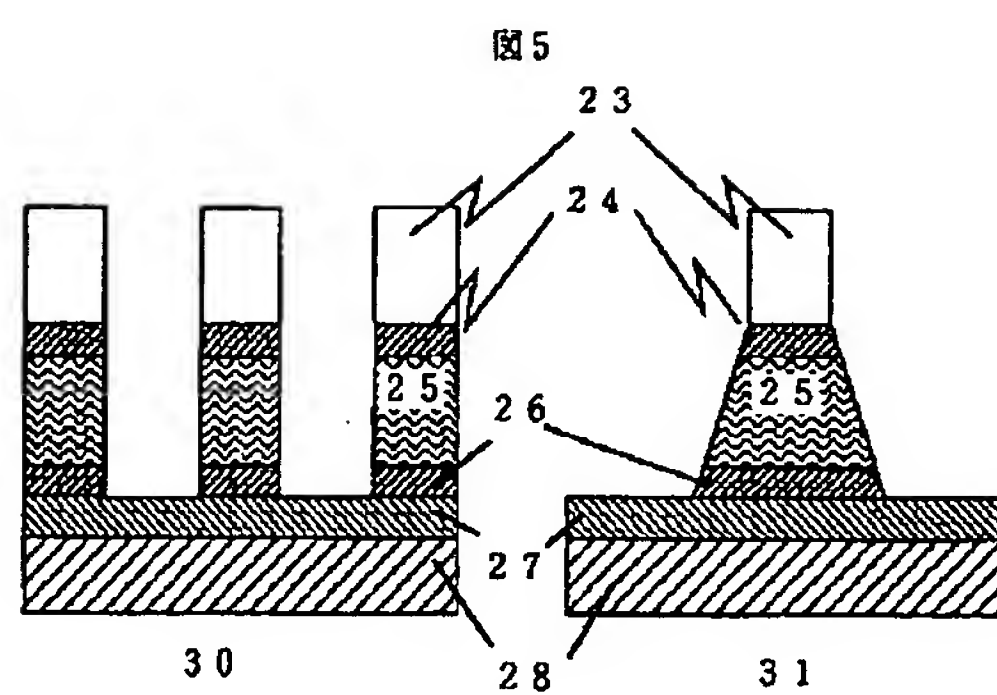




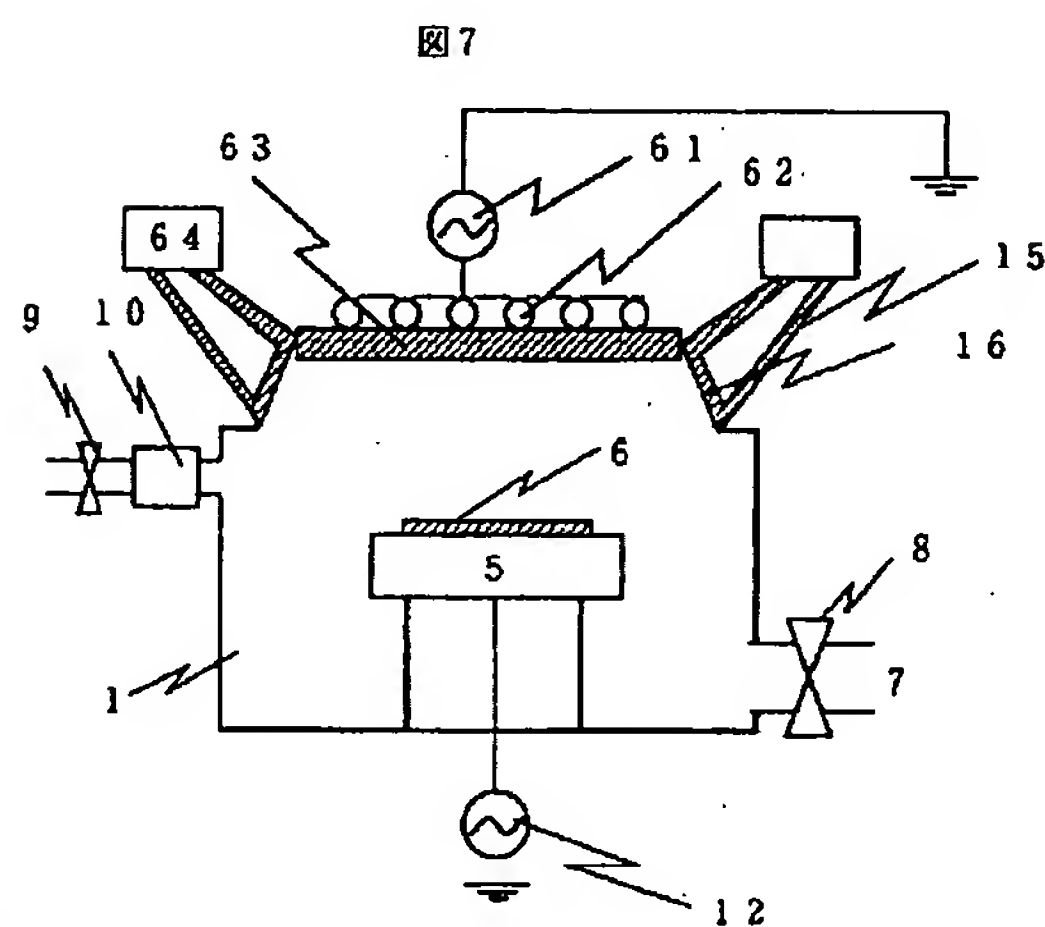
【図3】



【図5】

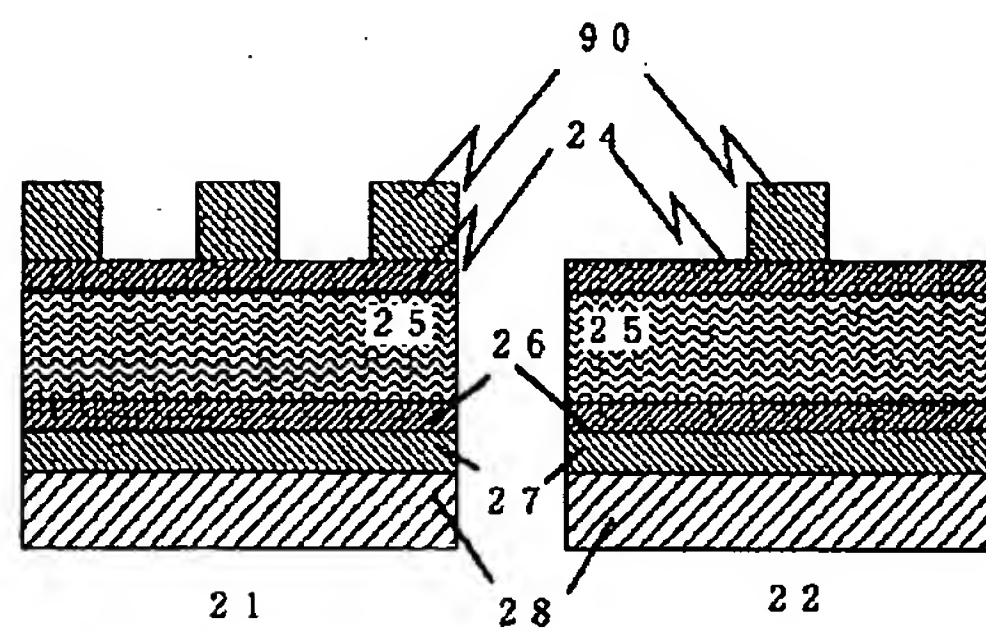


【図7】

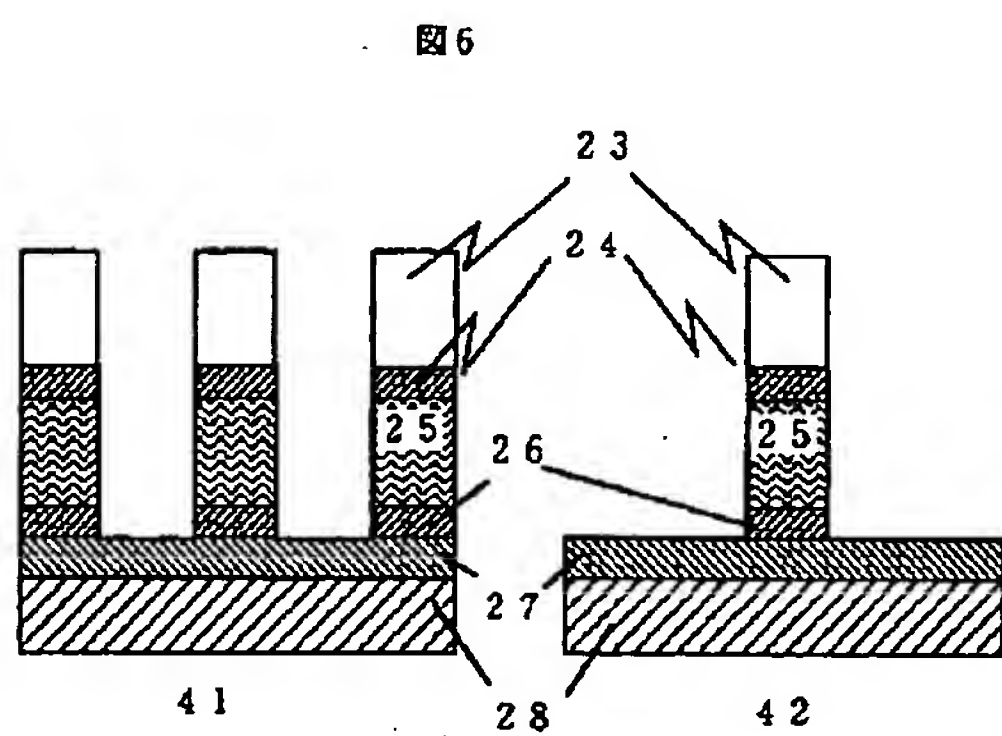


【図9】

図9



【図6】



【図8】

